



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 15 222.9

Anmeldetag: 31. März 2003

Anmelder/Inhaber: Minebea Co., Ltd., Kitasaku, Nagano/JP
(vormals: Minebea Co., Ltd, Tokyo/Tokio/JP)

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Einbringung von
Schmiermittel bei einem hydrodynamischen Lager

IPC: F 16 C, F 16 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Anmelderin: Minebea Co., Ltd.
18F Arco Tower
1-8-1 Shimo-Meguro
Meguro-ku
Tokyo 153 0064 / JAPAN

BESCHREIBUNG

5

Verfahren und Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel bei einem hydrodynamischen Lager

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt zwischen Welle und Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers.

15 Hydrodynamische Lager (Fluidlager) werden beispielsweise zur Drehlagerung von Hochpräzisionsspindelmotoren eingesetzt, wie sie in Festplattenlaufwerken verwendet werden. Hydrodynamische Lager weisen im Vergleich mit Kugellagern eine hohe Laufgenauigkeit (geringe Exzentrizität) und Laufruhe bei sehr viel höherer Schockfestigkeit (Robustheit) auf. Sie arbeiten nahezu geräuschlos und verschleißfrei, da während des Betriebs mit Nenndrehzahl kein direkter Körperkontakt mit Festkörperreibung zwischen den relativ zueinander rotierenden Lagerteilen vorliegt.

20


Zwischen der Welle und der Wellenaufnahme befindet sich dabei eine dünne Schmiermittelschicht beispielsweise eines Schmieröls.


25

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mittels welcher eine optimierte Einbringung von Schmiermittel den Lagerspalt ermöglicht wird.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

5 Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Lagerspaltbereich zwischen Welle und Wellenaufnahme und/oder ein Bereich, welcher mit dem Lagerspalt in fluidwirksamer Verbindung steht, gesteuert mit Schmiermitteltropfen beaufschlagt wird.

 10 Durch die gesteuerte Beaufschlagung mit Schmiermitteltropfen läßt sich der Lagerspalt mit Schmiermittel befüllen, ohne daß Kontakt zwischen dem Beaufschlagungsbereich und einer Schmiermittelquelle vorliegt. Dadurch wird der Rückfluß von Schmiermittel und eine damit verbundene Verunreinigung des Schmiermittels in der Schmiermittelquelle durch rückfließendes Schmiermittel vermieden.

 15 Über die gesteuerte Beaufschlagung mittels Schmiermitteltropfen läßt sich der Befüllungsvorgang zeitlich, räumlich und volumetrisch mit hoher Reproduzierbarkeit steuern und eine Befüllung des Lagerspalts bis zu einem gewünschten definierten Pegel erreichen. Weiterhin lassen sich Lufteinschlüsse in dem in den Lagerspalt eingebrachten Schmiermittel vermeiden. Dadurch wiederum werden die Eigenschaften eines entsprechend befüllten Lagers optimiert.

20 Das erfindungsgemäße Verfahren ist reinraumtauglich, so daß die Befüllung des Lagers im Reinraum stattfinden kann.

25 Die Schmiermitteltropfen lassen sich einzeln erzeugen und nacheinander emittieren. Dadurch läßt sich eine Kontaminierung eines Arbeitsraums durch Schmiermittel minimieren.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Insbesondere ist vorgesehen, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung in einem räumlichen Abstand zu dem beaufschlagten Bereich erfolgt. Dadurch läßt sich eine gezielte berührungslose Schmiermittelbeaufschlagung erreichen. Weiterhin wird eine Verunreinigung von Schmiermittel durch Rücklauf von Schmiermittel verhindert, da eine solche Rückflußverbindung entfällt.

Bevorzugterweise werden die Schmiermitteltropfen von einem Schmiermitteltropfen-Generator in den beaufschlagten Bereich gerichtet. Auf diese Weise lassen sich auch Lagerspalte mit sehr kleinem hydraulischen Durchmesser befüllen. Durch Steuerung der Anzahl der Tropfen läßt sich ein definierter Füllstand in dem Lagerspalt erreichen.

Insbesondere ist es vorgesehen, daß der beaufschlagte Bereich nicht in fluidwirksamem Kontakt mit einer Schmiermittelquelle steht, um so eine Verunreinigung von Schmiermittel in der Schmiermittelquelle durch rückfließendes Schmiermittel zu verhindern.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Schmiermitteltropfenerzeugung bezüglich der Tropfengröße gesteuert wird, um so auch bei Lagerspalten mit kleinem hydraulischen Durchmesser eine Befüllung zu erreichen. Es läßt sich dann bei entsprechend gewählter Tropfengröße ein Schmiermittelfilm in einem definierten Bereich an der Welle und der Wellenaufnahme ausbilden, über den dann wiederum eine optimale Befüllung des Lagerspalts erreichbar ist.

Insbesondere werden dabei Mikrotropfen erzeugt, deren mittlerer Tropfendurchmesser im Bereich zwischen 50 µm und 150 µm liegt und insbesondere

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

im Bereich zwischen 75 μm und 95 μm liegt, wenn beispielsweise Ester-Öl als Schmieröl verwendet wird.

5 Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der Beaufschlagungsbereich der Schmier-
mitteltröpfchen räumlich vorgegeben wird. Es läßt sich so insbesondere errei-
chen, daß sich ein Schmiermittelfilm bildet, der den Lagerspalt zwischen Welle
und Wellenaufnahme überdeckt; dieser Schmiermittelfilm ist dann beispiels-
weise unter Druckbeaufschlagung in den Lagerspalt einbringbar. Dadurch läßt
sich auch bei sehr kleinen Lagerspalten (mit geringem hydraulischen Durch-
messer) eine Befüllung erreichen, ohne daß direkt in den Lagerspalt hinein
10 oder zumindest tief in den Lagerspalt hinein eine Tropfeninjektion durchgeführt
werden muß.

15 Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn dafür gesorgt wird, daß sich eine ge-
schlossene Schmiermittelschicht um die Welle bildet, welche den Lagerspalt
nach außen hin abdeckt. Dadurch ist der Bereich des Lagerspalts, welcher un-
terhalb des Schmiermittelfilms liegt, gasdicht von einem Außenraum getrennt.
Wird dann beispielsweise unter Einfluß des Atmosphärendrucks das Schmier-
mittel in den Lagerspalt gedrückt, dann ist sichergestellt, daß keine Luft in den
20 Lagerspalt mit eingesaugt wird, so daß Lufteinschlüsse im Schmiermittel im
Lagerspalt vermieden werden. Weiterhin läßt sich auf diese Weise ein zusam-
menhängender Schmiermittelfilm ausbilden, dessen Volumen so bemessen ist,
daß der gewünschte Befüllungspegel in dem Lagerspalt erreicht wird. Durch
Steuerung der Tropfenmenge läßt sich das Schmiermittelvolumen des
25 Schmiermittelfilms einstellen.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Es kann ferner vorgesehen sein, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung bezüglich der Tropfengeschwindigkeit gesteuert wird. Dadurch läßt sich ein optimaler Wert der Geschwindigkeit einstellen; diese wird so eingestellt, daß die Tropfen den gewünschten Beaufschlagungsbereich erreichen, ohne daß auf die Schmiermittelschicht auftreffende Tropfen beispielsweise den Schmiermittelfilm unterbrechen oder aufreißen.

Weiterhin ist es günstig, wenn die Schmiermitteltropfenerzeugung bezüglich der Tropfenerzeugungsrate gesteuert wird. Dadurch läßt sich eine volumetrische Steuerung der Tropfenbeaufschlagung erreichen, d. h. es läßt sich eine Mengensteuerung der Tropfen erreichen, welche auf den Beaufschlagungsbereich treffen. Dadurch wiederum läßt sich ein gewünschter Befüllungspegel des Schmiermittels im Lagerspalt einstellen.

Zur volumetrischen Steuerung der Tropfenbeaufschlagung ist es insbesondere vorgesehen, daß die Anzahl der erzeugten Tropfen gezählt wird. Dies kann auf elektronische Weise und/oder optische Weise erfolgen. Bei der optischen Zählung kann insbesondere die Anzahl der Tropfen, welche den gewünschten Beaufschlagungsbereich erreichen, ermittelt werden.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Tropfenbeaufschlagung in einem Arbeitsraum unter Vakuumbedingungen erfolgt, wobei insbesondere der Druck zumindest zeitweise unter 1 mbar liegt. Unter diesen Bedingungen läßt sich auch ein einseitig geschlossenes Lager, dessen Lagerspalt lediglich von einer Stirnseite der Wellenaufnahme zugänglich ist, unter Vermeidung von Lufteinschlüssen mit Schmiermittel befüllen; der Lagerspalt wird hierzu vor der

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Befüllung evakuiert. Diese lufteinschlußfreie Befüllung läßt sich dadurch erreichen, daß dafür gesorgt wird, daß sich in einem Kehlbereich zwischen Welle und Wellenaufnahme zunächst eine Schmiermittelanhäufung ausbildet, aus der Schmiermittel um die Welle herum fließt und dann einen in sich geschlossenen Schmiermittelring bildet, welcher wiederum den Lagerspalt abdeckt und damit auch abdichtet. Anschließend wird der Arbeitsraum belüftet, so daß der äußere Luftdruck das Schmiermittel vom Schmiermittelring in den Lagerspalt drückt und dadurch die Befüllung des Lagerspalts erfolgt. Dieses Befüllungsverfahren läßt sich dabei auch für Lagerspalte mit sehr kleinem hydraulischen Durchmesser anwenden, ohne daß die Gefahr von Lufteinschlüssen besteht.

Es erfolgt also eine Beaufschlagung mit einer Schmiermittelmenge (vor Belüftung des Arbeitsraums) entsprechend dem gewünschten Befüllungsgrad des Lagerspalts.

Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner bei der eingangs genannten Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Schmiermitteltropfen-Generator vorgesehen ist, mittels welchem Schmiermitteltropfen in einen Lagerspaltbereich und/oder in einen mit dem Lagerspalt in fluidwirksamer Verbindung stehenden Bereich gesteuert richtbar sind.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung wurden bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Insbesondere ist dabei ein evakuierbarer Arbeitsraum zur Aufnahme des Lagers vorgesehen, um so unter Vakuumbedingungen einen Schmiermitteltropfenzusammenhang erzeugen zu können, wobei dann nach Belüftung durch Atmosphärendruck Schmiermittel in den Lagerspalt eindringt und diesen vollständig ohne Lufteinschlüsse bis zum gewünschten Pegelstand füllt.

Weiterhin ist es günstig, wenn das Lager und der Schmiermitteltropfen-Generator relativ zueinander positionierbar sind und insbesondere zueinander beweglich sind. Dadurch läßt sich mittels des Schmiermitteltropfen-Generators, über welchen sich ein räumlich definierter Beaufschlagungsbereich mit hoher Reproduzierbarkeit einstellen läßt, eine definierte Befüllung des Lagerspalts erreichen. Insbesondere ist es ermöglicht, einen geschlossenen Schmiermittelfilm um die Welle an dem Lagerspalt zu erzeugen, der dann in den Lagerspalt bringbar ist.


Weiterhin ist es günstig, wenn der Schmiermitteltropfen-Generator in einem Abstand zu dem Lager positioniert ist, um so insbesondere einen Schmiermittelrückfluß zu vermeiden, wodurch wiederum die Gefahr der Schmiermittelverunreinigung vermieden ist.

Bei einem Ausführungsbeispiel umfaßt der Schmiermitteltropfen-Generator einen Düsenkopf mit einem Piezoaktuator. Über einen solchen Piezoaktuator läßt sich in einer Schmiermittel-Flüssigkeitssäule ein Impuls erzeugen, welcher die Flüssigkeit beschleunigt; mittels dieser Beschleunigung läßt sich die Abschnürung eines Mikrotropfens erreichen, wobei die Tropfenerzeugung beispielsweise bezüglich Tropfengröße steuerbar ist. Die Tropfenerzeugung läßt


A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

sich auch zeitlich steuern. Ferner läßt sich die Tropfengeschwindigkeit steuern und durch entsprechende Positionierung des Dosierkopfs zum Lagerspalt läßt sich die Schmiermitteltropfen-Richtung zur Beaufschlagung des Lagers einstellen.

5

 Günstig ist es, wenn eine Einrichtung zur Zählung von erzeugten Schmiermitteltropfen vorgesehen ist. Dadurch läßt sich eine Mengensteuerung (volumetrische Steuerung) der Schmiermitteltropfenbeaufschlagung über Bestimmung der Tropfenzahl erreichen. Die Zählung kann beispielsweise elektro-
10 nisch und/oder optisch erfolgen.

Beispielsweise kann eine Zähleinrichtung dem Schmiermitteltropfen-Generator zugeordnet sein. Dabei kann es sich um eine elektronische Zählung (beispielsweise über Zählung der tröpfchenerzeugenden Impulse eines Piezo-
15 aktuator) oder um eine optische Zählung handeln.

 Bei einer optischen Zählung ist insbesondere eine Kamera vorgesehen, beispielsweise CCD-Kamera (die auch in einem Abstand zum Generator angeordnet sein kann).

20

Ferner ist es vorteilhaft, wenn eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung vorgehen ist, mittels welcher die Schmiermitteltropfenerzeugung und Schmiermitteltropfenbeaufschlagung des Lagers steuerbar und/oder regelbar ist. Zusätzlich günstig ist es, wenn diese Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung eine gesteuerte und/oder geregelte Änderung des Druckes in dem
25 Arbeitsraum ermöglicht, in welchem der Schmiermittelbefüllungsprozeß

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

stattfindet. Eine solche, vorzugsweise automatisch ablaufende Schmiermittelbefüllung des hydrodynamischen Lagers stellt sicher, daß der gewünschte Befüllungspegel auf reproduzierbare Weise eingehalten wird, ohne daß es zu Lufteinschlüssen kommt.

5



Günstig ist es, wenn eine Schmiermittelquelle in einem evakuierten Raum und insbesondere in dem Arbeitsraum angeordnet ist. Dadurch wird das Entgasen des flüssigen Schmiermittels gefördert und dadurch wiederum gewährleistet, daß die Tropfenerzeugung nicht abbricht.

10

Die nachfolgende Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

15 Figur 1

eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt zwischen Welle und Wellenaufnahme eines fluiddynamischen Lagers;



20 Figur 2

eine perspektivische Schnittansicht einer Ausführungsform eines Dosierkopfes eines Schmiermitteltropfen-Generators und

25

Figuren 3(a) bis 3(d) vergrößerte Darstellung des Bereichs A gemäß Figur 1 als Momentaufnahmen des Verfahrensablaufs bei der Einbringung des Schmiermittels in zeitlicher Reihenfolge.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Bei hydrodynamischen Lagern (die auch als Fluidlager bezeichnet werden) ist in den Lagerspalt zwischen Welle und Wellenaufnahme (Lagerhülse) ein Schmiermittelfilm eingebracht. Dieser Schmiermittelfilm ermöglicht ein Aufschwimmen des rotierenden Lagerteils (der Welle, wenn diese drehfest mit einem Rotor verbunden ist, oder der Lagerhülse, wenn diese drehfest mit dem Rotor verbunden ist) beim Hochlaufen beispielsweise eines Elektromotors. Die entsprechende Druckerzeugung erfolgt berührungsfrei, das heißt es liegt keine Festkörperreibung vor.

Verwirbelungsstrukturen, die durch entsprechende Riffelmuster gebildet sind und auf entsprechenden Oberflächen der Welle und/oder der Lagerhülse angeordnet sind, lassen im Schmiermittelfilm Zonen hydrodynamischen Drucks entstehen. Die lokalen Druckgradienten sind im wesentlichen umgekehrt proportional zur Spaltdicke des Lagerspalts, so daß Verschiebungen zwischen Wellen und Wellenaufnahme sofort selbstregelnd kompensiert werden. Es läßt sich dadurch eine stabile konzentrische Ausrichtung zwischen Welle und Wellenaufnahme gewährleisten.

Hydrodynamische Lager weisen aus diesem Grund eine besonders hohe Laufgenauigkeit und Rotationsgenauigkeit auf. Sie arbeiten nahezu verschleißfrei. Sie zeichnen sich durch Geräuscharmheit und Schockresistenz aus.

Fluiddynamische Lager werden bevorzugt zur Drehlagerung von Hochpräzisionsspindelmotoren für Festplattenlaufwerke eingesetzt.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Bei der Herstellung eines hydrodynamischen Lagers muß der Lagerspalt nach dem Zusammenbau der Komponenten mit dem Schmiermittel befüllt werden. Ein typisches Beispiel für ein Schmiermittel ist Ester-Öl.

5



Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt 10 zwischen einer Welle 12 und einer Wellenaufnahme 14 (Lagerhülse) eines hydrodynamischen Lagers 16 ist in Figur 1 schematisch gezeigt und dort als Ganzes mit 18 bezeichnet.

10

Die Vorrichtung 18 umfaßt eine luftdicht verschließbare Kapsel 20, in welcher ein Arbeitsraum 22 zur Aufnahme des zu befüllenden Lagers 16 gebildet ist. Der Arbeitsraum 22 ist evakuierbar, so daß ein Befüllungsvorgang unter Vakuumbedingungen erfolgen kann.

15



Dazu ist der Arbeitsraum 22 über ein steuerbares Ventil 24 mit einer Pumpe 26 verbunden, mittels welcher ein Unterdruck gegenüber dem äußeren Atmosphärendruck in dem Arbeitsraum 22 erzeugbar ist. Insbesondere läßt sich ein Druck kleiner als 1 mbar in dem Arbeitsraum 22 erreichen.

20

Ferner ist ein steuerbares Ventil 28 vorgesehen, über welches sich der Arbeitsraum 22 zeitlich gesteuert belüften läßt, um insbesondere in dem Arbeitsraum 22 Atmosphärendruckbedingungen erzeugen zu können.

25

Das zu befüllende Lager 16, welches in dem Arbeitsraum 22 positioniert ist, ist an einem Ende 30 der Wellenaufnahme 14 durch ein Widerlager 31 gasdicht verschlossen.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Am gegenüberliegenden Ende ist eine Aufweitung 33 vorgesehen, durch die dort die Breite des Lagerspalts 10 vergrößert wird. Die Aufweitung 33 kann an der Wellenaufnahme gebildet sein, indem diese beispielsweise eine hohlkegelstumpfförmige Ausnehmung umfaßt und/oder ist durch eine Einschnürung an der Welle 12 gebildet.

Die Befüllung des Lagerspalts 10 erfolgt über die offene Seite der Wellenaufnahme 14. Innerhalb des Lagerspalts 10 bildet sich ein dünner zusammenhängender Schmiermittelfilm aus. Die in diesem Schmiermittelfilm wirksamen Kapillarkräfte und die Adhäsionskräfte zwischen Schmiermittel und metallischen Lageroberflächen (auf der Welle 12 und auf der der Welle 12 zugewandten inneren Oberfläche der Wellenaufnahme 14) sorgen für die Stabilität des Schmiermittelfilms. Diese Kräfte verhindern auch ein Austreten des Schmiermittelfilms aus dem Lagerspalt 10.

In dem Arbeitsraum 22 ist zur Befüllung des Lagerspalts 10 mit Schmiermittel ein Schmiermitteltropfen-Generator 32 (Tropfendispenser) angeordnet, mit dem sich gesteuert Schmiermitteltropfen erzeugen lassen und gesteuert auf den Lagerspalt 10 hin richten lassen.

Aufgrund ihres kinetischen Impulses fliegen die Schmiermitteltropfen auf den Lagerspalt 10 zu, so daß sie zu diesem gewissermaßen geschossen werden.

Der Schmiermitteltropfen-Generator 32 ist mit einer Schmiermittelquelle 34 verbunden, so daß der Schmiermittelnachschub gewährleistet ist. Der Schmiermitteltropfen-Generator 32 selber ist zu dem Lager 16 beabstandet

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

und steht insbesondere nicht in fluidwirksamem Kontakt mit dem Lager 16. Damit steht auch die Schmiermittelquelle 34 nicht in fluidwirksamem Kontakt mit dem Lager 16. Es existiert also keine Rückflußverbindung zwischen dem Lager 16 und der Schmiermittelquelle 34, so daß eine Verunreinigung durch rückfließendes Schmiermittel ausgeschlossen ist. Erfindungsgemäß wird nur soviel Schmiermittel gefördert, wie zur Befüllung des Lagerspalts 10 benötigt wird.

Die Schmiermittelquelle 34 ist vorzugsweise in einem evakuierten Raum und beispielsweise in dem Arbeitsraum 22 angeordnet. Wenn ein Unterdruck an der Schmiermittelquelle 34 entsteht, dann wird dort das Entgasen gefördert. Dadurch wiederum wird die Funktionsfähigkeit der Tropfenerzeugung gesichert.

Der Schmiermitteltropfen-Generator 32 umfaßt, wie beispielhaft in Figur 2 gezeigt, einen Dosierkopf 36 mit einer Düse 38, mittels welchem sich gezielt Schmiermitteltropfen zum Lagerspalt 10 hin richten lassen. Der Dosierkopf 36 ist dabei relativ zu dem Lager 16 positionierbar, um so einen definierten Beaufschlagungsbereich mit Schmiermitteltropfen belegen zu können.

Insbesondere sind dabei der Dosierkopf 36 und das Lager 16 relativ zueinander beweglich. Es ist auch möglich, daß diese relativ zueinander rotierbar sind, so daß der Lagerspalt 10 über eine Umfangsrichtung befüllbar ist.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß man eine gleichmäßige Befüllung um den Umfang auch ohne Relativbewegung erreicht, da die Fließeigenschaften des Schmieröls ausreichen.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Bei einer Ausführungsform des Dosierkopfes 36 ist ein Piezoaktuator 40 vorgesehen, welcher in einem Gehäuse 42 angeordnet ist. Der Piezoaktuator 40 steht über eine Flüssigkeitsleitung 44 mit der Schmiermittelquelle 34 in Verbindung.

Die Düse 38 sitzt an einem Kapillarrohr 46 oder ist einstückig mit diesem gebildet. In dem Kapillarrohr 46 befindet sich eine Flüssigkeitssäule des flüssigen Schmiermittels. Aufgrund der Ausbildung eben als Kapillarrohr tritt bei inaktivem Piezoaktuator 40 keine Flüssigkeit aus der Düse 38 aus.

Bei Aktivierung des Piezoaktuators 40 erhält diese Flüssigkeitssäule einen mechanischen Impuls, welcher die Flüssigkeit beschleunigt. Dadurch kommt es an dem düsenseitigen Ende der Flüssigkeitssäule zu der Abschnürung eines einzelnen Tropfens gegen die Oberflächenspannung und dieser Tropfen verläßt dann den Dosierkopf 36.

Über den Piezoaktuator 40 läßt sich die Tropfenbildung in weiten Bereichen beeinflussen. Über den Dosierkopf 36 ist eine Steuerung der Tropfenbildung bezüglich Tropfenmenge (volumetrische Steuerung) und zeitlicher und örtlicher Tropfenbeaufschlagung möglich. Emittierte Schmiermitteltropfen lassen sich mit hoher Reproduzierbarkeit in einem gewünschten Beaufschlagungsbereich an dem Lager 16 plazieren, so daß ein gezielter Befüllungsvorgang des Lagerspalts 10 ermöglicht wird.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Es kann dabei noch eine Düsenheizung 48 vorgesehen sein, durch die infolge Erwärmung die Viskosität des Schmiermittels verringert werden kann, um so die Schmiermitteltropfenerzeugung beeinflussen zu können.

5 Zur Steuerung der Tropfenbildung und Tropfenbeaufschlagung kann eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 50 vorgesehen sein (Figur 1), über welche insbesondere der Piezoaktuator 40 steuerbar ist und welche außerdem auf die Steuerventile 24 und 28 einwirken kann.

10 Über die Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 50 läßt sich elektronisch über die Impulsbeaufschlagung des Piezoactuators 40 die Schmiermittelmenge, mit welchem das Lager 16 beaufschlagt wird, ermitteln. Es kann zusätzlich oder alternativ eine Zähleinrichtung 52 vorgesehen sein, mittels welcher die Schmiermitteltropfenbeaufschlagung des Lagers 16 optisch ermittelt
15 wird. Diese Zähleinrichtung 52 kann an dem Dosierkopf 36 angeordnet sein oder in einem Abstand zu diesem. Beispielsweise umfaßt die Zähleinrichtung 52 eine CCD-Kamera.

Bei einer Variante einer Ausführungsform umfaßt der Dosierkopf 36 eine integrierte Stroboskop-Leuchtdiode, um die Tropfenemission beobachtbar machen
20 zu können und mit einer Zähleinrichtung 52 die Tropfenbeaufschlagung registrieren zu können.

Insbesondere steht die Zähleinrichtung 52 in Verbindung mit der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 50, um so eine gezielte Steuerung bzw. Regelung der Schmiermittelbefüllung des Lagers 16 zu erreichen.
25

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Einbringen von Schmiermittel in den Lagerspalt 10 zwischen Welle 12 und Wellenaufnahme 14 funktioniert wie folgt:

- 5 In dem Arbeitsraum 22 werden der Dosierkopf 36 und das zu befüllende Lager 16, welches an dem Lagerspalt 10 zu einer Seite hin offen ist, positioniert, wobei der Dosierkopf 36 auf diese offene Seite ausgerichtet wird (Figur 3(a)).

- Der Arbeitsraum 22 wird evakuiert und dabei insbesondere unterhalb einen
10 Druck von 1 mbar gebracht.

- Über den Dosierkopf 36 werden dann unter Vakuumbedingungen Schmiermitteltropfen zum Lagerspalt 10 hin emittiert ("geschossen"). Der Durchmesser dieser Mikro-Schmiermitteltropfen ist u. a. abhängig von der Viskosität des
15 Schmiermittels. Bei der Verwendung von Ester-Öl liegt der Durchmesser typischerweise zwischen ca. 75 µm und 95 µm.

- Der Schmiermitteltropfen-Generator 32 wird aktiviert und aus der zu dem Lagerspalt 10 beabstandeten Düse 38 treten die Schmiermitteltropfen mit hoher
20 Geschwindigkeit aus und fliegen in Richtung des Lagerspalts 10. Sie treffen in dem Lagerspaltbereich 54 auf und/oder in einem Kehlbereich 56 zwischen der Welle 12 und einer Stirnseite 57 der Wellenaufnahme 14. Es bildet sich dann vor allem in diesem Kehlbereich 56 eine Schmiermittelansammlung, die bei
25 genügender Schmiermitteltropfenbeaufschlagung zu der Ausbildung eines den Lagerspalt 10 überdeckenden Flüssigkeitsrings 58 führt, der in diesem Bereich die Welle 12 umgibt (Figur 3(b)).

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Dadurch, daß aufgrund der Ausrichtung der Düse 38 auf den Lagerspalt 10 hin alle Schmiermitteltropfen im Lagerspaltbereich 54 bzw. im Kehlbereich 56 auf-
treffen, ist sichergestellt, daß im wesentlichen die vollständige, auf die Beauf-
schlagungsbereiche 54, 56 gerichtete Schmiermittelmenge zur Befüllung des
5 Lagerspalts 10 genutzt wird.

Es hat sich gezeigt, daß sich der Schmiermittelring 58 selbst ausbildet. Es kann
aber auch vorgesehen sein, daß der Dosierkopf 36 und das zu befüllende Lager
16 relativ zu einander bewegt werden, um in dem die Welle 12 umschließen-
10 den Kehlbereich 56 einen in sich geschlossenen Flüssigkeitsring 58 zu bilden,
der wiederum den Lagerspaltbereich 54 vollständig überdeckt.

Es kann auch vorteilhaft sein, eine Mehrzahl von um die Welle 12 verteilt an-
geordneten Dosierköpfen 36 vorzusehen.

15

Die Steuerung der Beaufschlagung des zu befüllenden Lagers 16 mit Schmier-
mitteltropfen erfolgt derart, daß sich im Kehlbereich 56 um die Welle 12 der
geschlossene Flüssigkeitsring 58 ausbilden kann; dieser Schmiermittelring 58
wiederum bildet einen Meniskus aus, dessen konvexe Oberfläche den Lager-
20 spalt 10 vollständig überdeckt (Figur 3 (b)). Der Lagerspalt 10 unterhalb die-
ses Schmiermittelrings 58 ist dabei entsprechend den Vakuumbedingungen im
Arbeitsraum 22 evakuiert, wobei der Schmiermittelring 58 auch noch zumin-
dest teilweise in den Bereich 54 des Lagerspalts 10 hinein reichen kann.

25 Die Tropfenbeaufschlagung ist derart mengengesteuert, daß das Volumen des
Schmiermittelrings 58 so bemessen ist, daß der Lagerspalt 10 bis zu einer ge-
wünschten Füllhöhe befüllt wird.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

Nach Beendigung des Tropfentransfers von der Düse 38 zu dem Lagerspalt 10 wird der Arbeitsraum 22 belüftet (Figuren 3 (c) und 3 (d)). Dadurch wird die den Schmiermittelring 58 ausbildende Schmiermittelmenge aufgrund des
5 Druckanstiegs im Arbeitsraum 22 in den Lagerspalt 10 hingedrückt. Da der Schmiermittelring 58 den Lagerspalt 10 vollständig überdeckt, ist der Einschluß von Luftblasen beim Eindringen des Schmiermittels in den Lagerspalt 10 sicher verhindert.

- 10 Unter Atmosphärenbedingung, also bei Normaldruck, ist der gesamte Lagerspalt 10 vollständig befüllt. Auch der Lagerspaltbereich 33 ist bis zu der erwünschten Füllhöhe, wie in Figur 3(d) angedeutet, befüllt.

- 15 Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren, welches sich mit dieser Vorrichtung durchführen läßt, lassen sich auch Lagerspalte mit sehr kleinem hydraulischen Durchmesser ohne Lufteinschlüsse definiert befüllen.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Lagerspalt
12	Welle
14	Wellenaufnahme
16	hydrodynamisches Lager
18	Vorrichtung
20	Kapsel
22	Arbeitsraum
24	Ventil
26	Pumpe
28	Ventil
30	Ende
31	Widerlager
32	Schmiermitteltropfen-Generator
33	Aufweitung
34	Schmiermittelquelle
36	Dosierkopf
38	Düse
40	Piezoaktuator
42	Gehäuse
44	Flüssigkeitsleitung
46	Kapillarrohr
48	Düsenheizung

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

50	Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung
52	Zähleinrichtung
54	Lagerspaltbereich
56	Kehlbereich
57	Stirnseite
58	Flüssigkeitsring

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Einbringung von Schmiermittel in einen Lagerspalt zwischen Welle und Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lagerspaltbereich zwischen Welle und Wellenaufnahme und/oder ein Bereich, welcher mit dem Lagerspalt in fluidwirksamer Verbindung steht, gesteuert mit Schmiermitteltropfen beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung in einem Abstand zu dem beaufschlagten Bereich erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Schmiermitteltropfen von einem Schmiermitteltropfen-Generator in den beaufschlagten Bereich gerichtet werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der beaufschlagte Bereich nicht in fluidwirksamem Kontakt mit einer Schmiermittelquelle steht.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zu befüllende Lagerspalt zu einer Seite hin verschlossen ist.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung bezüglich der Tropfengröße gesteuert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein mittlerer Tropfendurchmesser im Bereich zwischen 50 µm und 150 µm liegt.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Beaufschlagungsbereich der Schmiermitteltropfen räumlich vorgegeben wird.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dafür gesorgt wird, daß sich eine geschlossene Schmiermittelschicht um die Welle herum bildet, welche den Lagerspalt nach außen hin abdeckt.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung bezüglich der Tropfengeschwindigkeit gesteuert wird.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung bezüglich der Tropfenerzeugungsrate gesteuert wird.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Tropfen, welche erzeugt werden, gezählt wird.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Tropfenbeaufschlagung in einem Arbeitsraum unter Vakuumbedingungen erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in dem Arbeitsraum zumindest zeitweise unterhalb 1 mbar liegt.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitsraum nach Tropfenbeaufschlagung des Lagers belüftet wird.
16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Beaufschlagung mit einer Schmiermittelmenge entsprechend einem Befüllungspegel des Spalts erfolgt.
17. Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt (10) zwischen einer Welle (12) und einer Wellenaufnahme (14) eines hydrodynamischen Lagers (16), umfassend einen Schmiermitteltropfen-Generator (32), mittels welchem Schmiermitteltropfen in einen Lagerspaltbereich (54, 10) und/oder in einen mit dem Lagerspalt (10) in fluidwirksamer Verbindung stehenden Bereich (56) definiert richtbar sind.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein evakuierbarer Arbeitsraum (22) zur Aufnahme des Lagers (16) vorgesehen ist.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Lager (16) und der Schmiermitteltropfen-Generator (32) relativ zueinander positionierbar sind.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmiermitteltropfen-Generator (32) in einem Abstand zu dem Lager (16) positioniert ist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmiermitteltropfen-Generator (32) einen Dosierkopf (36) mit einem Piezoaktuator (40) aufweist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (52) zur Zählung von erzeugten Schmiermitteltropfen vorgesehen ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zähleinrichtung dem Schmiermitteltropfen-Generator (32) zugeordnet ist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zähleinrichtung eine Kamera umfaßt.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (50) vorgesehen ist, mittels welcher die Schmiermitteltropfenerzeugung und Schmiermitteltropfenbeaufschlagung des Lagers (16) steuerbar und/oder regelbar ist.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (50) eine Belüftung des Arbeitsraums (22) steuerbar und/oder regelbar ist.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schmiermittelquelle (34) in einem evakuierten Raum (22) angeordnet ist.

A 57 098 t
28. März 2003
t-241/280/286/201

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur optimierten Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt zwischen Welle und Wellenaufnahme eines hydrodynamischen Lagers, bei dem ein Lagerspaltbereich zwischen Welle und Wellenaufnahme und/oder ein Bereich, welcher mit dem Lagerspalt in fluidwirksamer Verbindung steht, gesteuert mit Schmiermitteltropfen beaufschlagt wird.

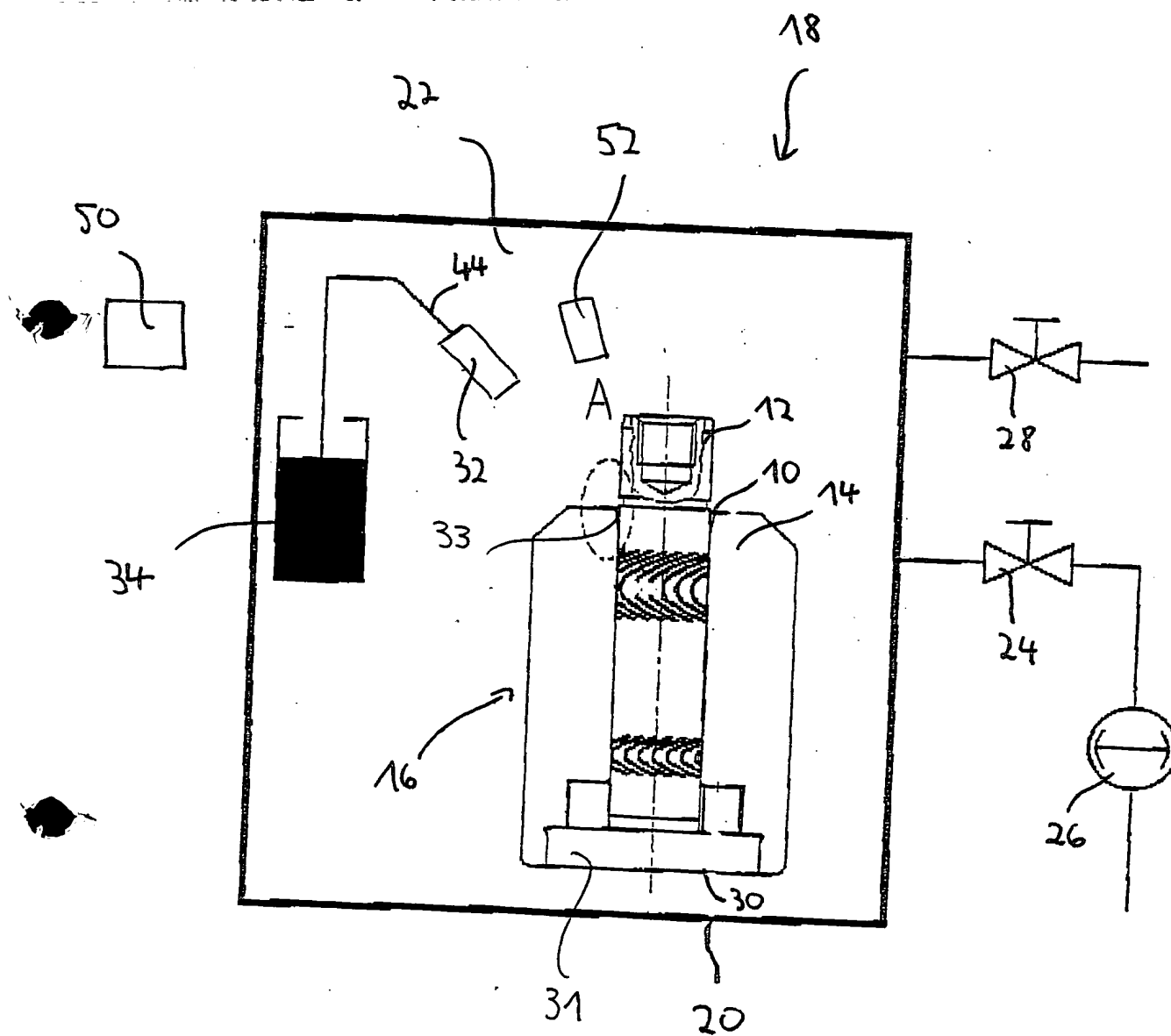


Fig. 1

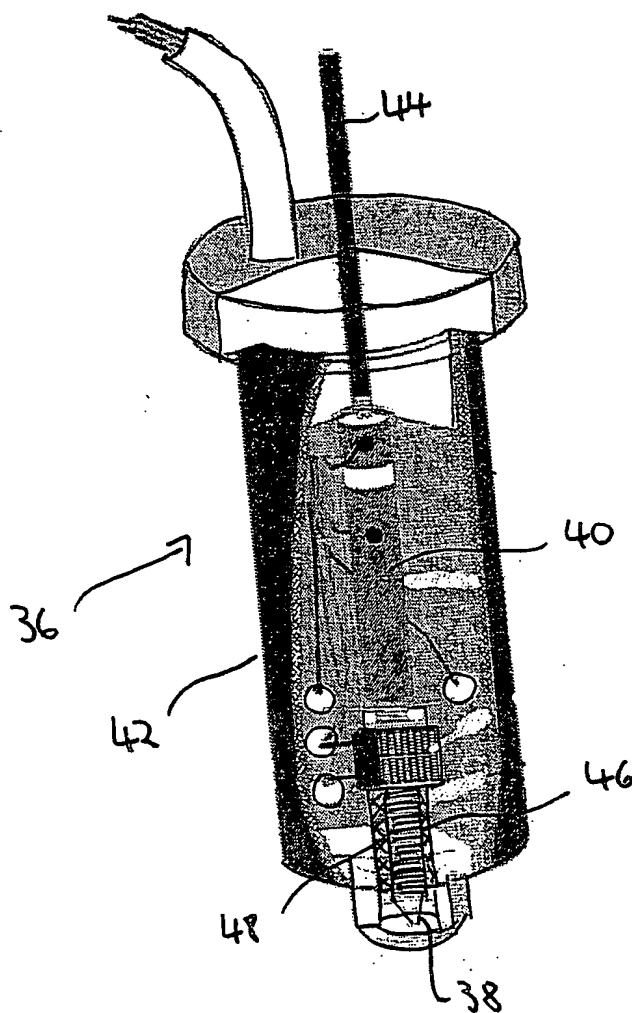


Fig. 2

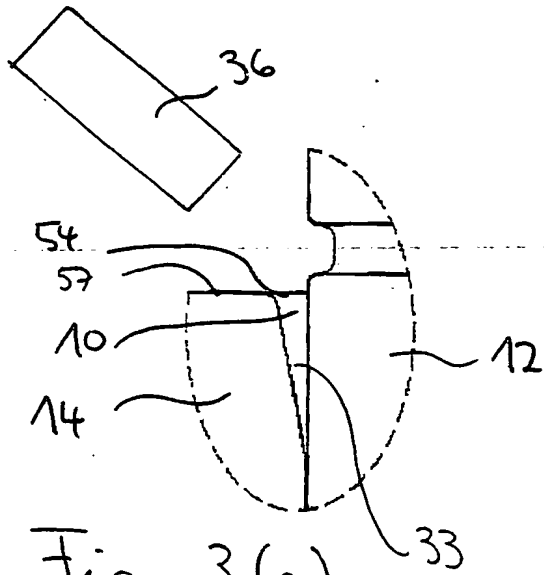


Fig. 3(a)

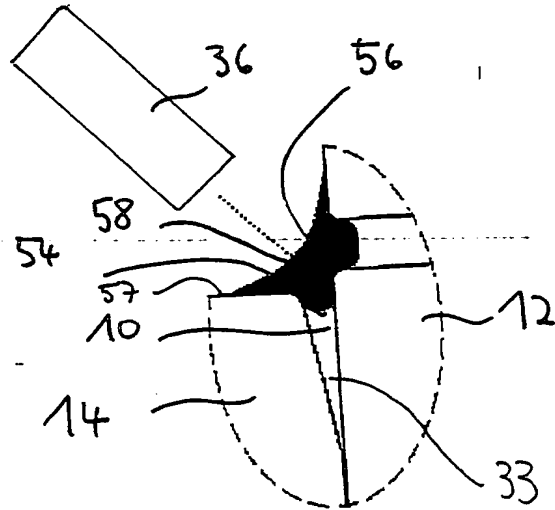


Fig. 3(b)

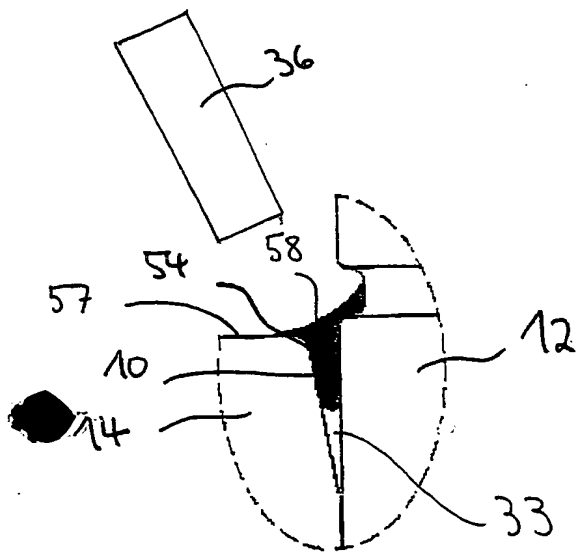


Fig. 3(c)

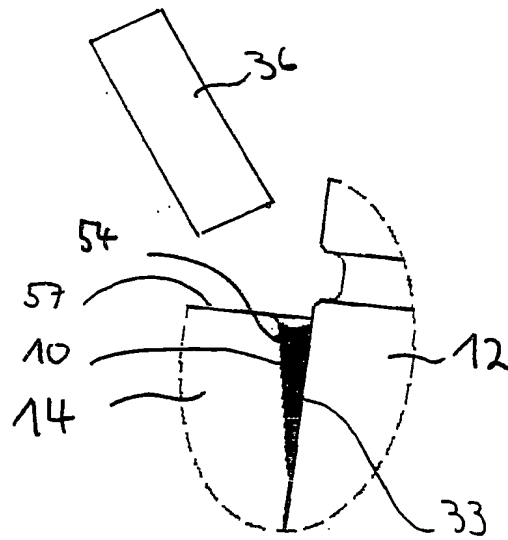


Fig. 3(d)